Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg

(Vorstand: Prof. Dr. J. Lang)

ÜBER FASERZAHLEN DES N. OCULOMOTORIUS, N. TROCHLEARIS, N. ABDUCENS, N. OPHTHALMICUS, N. MAXILLARIS UND N. MANDIBULARIS SOWIE DIE FASZIKELANZAHL DES N. MAXILLARIS

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Kristjana Thorsteinsdottir

aus Kopasker

Würzburg, den 9. Februar 1982

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg

(Vorstand: Prof. Dr. J. Lang)

ÜBER FASERZAHLEN DES N. OCULOMOTORIUS, N. TROCHLEARIS, N. ABDUCENS, N. OPHTHALMICUS, N. MAXILLARIS UND N. MANDIBULARIS SOWIE DIE FASZIKELANZAHL DES N. MAXILLARIS

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Kristjana Thorsteinsdottir

aus Kopasker

Würzburg, den 9. Februar 1982

Referent:	Professor Dr.med. J. Lang
Korreferent:	Professor Dr.med. K.-A. Bushe
Dekan:	Professor Dr.med. K.-A. Bushe

Tag der mündlichen Prüfung: 21.5.1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543522_0089

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

A. Einleitung und Literatur 1

B. Material und Methode 3

C. N. oculomotorius 7

I. Befunde 7

a) Faserzahlen 7

b) Vergleich der Querschnittsflächen 7

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl 11

d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test) 13

II. Diskussion 15

D. N. trochlearis 16

I. Befunde 16

a) Faserzahlen 16

b) Vergleich der Querschnittsflächen 16

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl 19

d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test) 21

II. Diskussion 23

E. N. abducens 25

I. Befunde 25

a) Faserzahlen 25

b) Vergleich der Querschnittsflächen 25

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl 28

d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test) 30

II. Diskussion 32

F. N. ophthalmicus 33

I. Befunde 33

a) Faserzahlen 33

b) Vergleich der Querschnittsflächen 33

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl 33

d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test) 37

Seite

G. N. maxillaris 38

I. Befunde 38

a) Faserzahlen 38

b) Vergleich der Querschnittsflächen 38

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl 38

d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test) 42

II. Bestimmung der Faszikelzahl 43

H. N. mandibularis 44

I. Befunde 44

a) Faserzahlen 44

b) Vergleich der Querschnittsflächen 44

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl 44

d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test) 48

I. Diskussion der Befunde der Nn. ophthalmicus, maxillaris und mandibularis 49

J. Diskussion der Befunde, die bei allen Nervenpräparaten gemeinsam auftraten 51

K. Zusammenfassung der Ergebnisse 53

LITERATURVERZEICHNIS I - VI

A. EINLEITUNG UND LITERATUR

Verschiedene Autoren haben sich mit der Faserzahl und der Faserdicke der Gehirnnerven befaßt.
ROSENTHAL (1845) bestimmte die Faserzahl bei den N. III, N. IV und N. VI.
TERGAST (1873) schrieb "Über das Verhältnis von Nerve und Muskel" und hat in dieser Arbeit das Verhältnis der Anzahl von Nervenfasern zu Muskelfasern untersucht.
BARRATT (1901) untersuchte die Faserstruktur am N. III und am N. VI.
AGDUHR (1920) ermittelte an silberimprägnierten Präparaten die Faserzahl von N. oculomotorius und N. trochlearis.
CHIBA (1925) zählte die Fasern des N. abducens an 4 Präparaten, die nach WEIGERT-KULTSCHITZKY gefärbt waren.
In seiner Arbeit über das Zahlenverhältnis zwischen Nerven- und Muskelfasern untersuchte BORS (1926) die Faserzahl der N. trochlearis und N. abducens beim Austritt aus dem Hirnstamm und im Sinus cavernosus.
BJÖRKMANN und WOHLFART (1936) untersuchten die Nn. III, IV und VI nach der ALZHEIMER-MANN - Gliafärbung in der Modifikation HÄGGQVISTs. Am N. IV wurde mittels Silberimprägnierung nach BIELSCHOWSKY-AGDUHR das Vorhandensein myelinfreier Fasern kontrolliert.
Den vierten und den sechsten Gehirnnerv untersuchte HARLEY (1942) bezüglich der Faserzahl. Zuerst verwendete er die WEIGERTsche Markscheidenfärbung und zum Vergleich dazu die BODIAN - Silberimprägnierungstechnik. Die Präparate wurden nach Seiten ausgewertet.
SWENSON (1949) hat faseranalytische Untersuchungen an den Nn. IV und VI durchgeführt. Das Material wurde nach der HÄGGQVISTschen Modifikation der Gliafärbungsmethode von ALZHEIMER-MANN behandelt, bei der man nur die markscheidenhaltigen Nervenfasern darstellt.

Seine Schnitte entstammten den Nerven beim Austritt aus dem Gehirn und am Muskelhilus.
ABDULLAEV (1965) hat ebenfalls beim Nn. III, IV und VI proximal und distal die Fasern gezählt.
MIRA (1971) berichtete über den intrakraniellen Teil des N. trigeminus und dessen Faszikelzahl.
HANDWERKER und ZIMMERMANN (1976) untersuchten die nicht-myelinisierten C-Fasern des N. trigeminus.
LANG und KELLER (1978) beschrieben den Inhalt des Canalis rotundus und ermittelten dabei die Faszikelanzahl des N. maxillaris.
YOUNG und STEVENS (1979) berichteten über die Anzahl markscheidenfreier Axone in der motorischen Wurzel vom N. trigeminus.
Weitere Arbeiten über die Faserzählungen gibt es von ECCLES/SHERRINGTON (1930), SJÖQVIST (1938) am N. trigeminus, SWENSON (1938), DAHLSTRÖM/SWENSON (1942) und SINCLAIR (1958). Diese Zählungen ermitteln aber nicht Gesamtfaserzahlen, sondern Faserzahlen pro Flächeneinheit oder beziehen sich auf andere Nerven als die von uns untersuchten.

SCHWALBE (1882) schrieb über die Kaliberverhältnisse der Nervenfasern im allgemeinen.
Faseranalytische Untersuchungen an verschiedenen Nervenpräparaten haben HÄGGQVIST (1937), SWENSON (1949) und TOMASCH/SCHWARZACHER (1952) gemacht.
Über die Technik der Messungen haben AGDUHR (1940) sowie ROMERO und SKOGLUND (1965) geschrieben.
SUNDERLAND und BRADLEY (1949) stellten an einigen peripheren Nerven Unterschiede bezüglich der Relation von interfaszikulärem Gewebe zu Nervenfasern an Nervenquerschnitten fest.

B. MATERIAL UND METHODE

(siehe Abb. 4a, Seite 13; Abb. 4b, Seite 14;
Abb. 8a, Seite 21; Abb. 8b, Seite 22;
Abb. 12a, Seite 30; Abb. 12b, Seite 31;
Abb. 16, Seite 37; Abb. 20, Seite 42;
Abb. 24, Seite 48)

Untersucht wurden die Gehirnnerven N. oculomotorius, N. trochlearis und N. abducens an 10 menschlichen Gehirnen. Die Untersuchung der gleichen Nerven und des N. trigeminus erfolgte zusätzlich an 10 menschlichen Kopfpräparaten.
Die Nerven wurden an den Gehirnpräparaten ca. 2 mm distal von ihren Austrittsstellen am Gehirn abpräpariert.
Die Entnahmestelle der Nerven N. oculomotorius, N. trochlearis und N. abducens an den Kopfpräparaten lag in ihrem Verlauf durch den Sinus cavernosus. Ebenfalls im Sinus cavernosus wurde der erste Zweig des N. trigeminus, der N. ophthalmicus, entnommen.
Der zweite und der dritte Zweig des N. trigeminus, der N. mandibularis und der N. maxillaris, wurden distal des Ganglion trigeminale vor ihrem Austritt aus der Schädelgrube und den Foramina ovale et Foramen rotundum abpräpariert. Die einzelnen Präparate waren 5 - 10 mm lang.
Die bereits in Formalin fixierten Präparate wurden sofort nach Entnahme in 70 %igem Alkohol entwässert und nach Entnahmestelle links oder rechts sortiert. Zur Vorbereitung der mikroskopischen Untersuchung wurde jedes Präparat in Methacrylat eingebettet, das anschließend in Gelatinekapseln polymerisiert wurde.
Mit dem Mikrotom wurden dann histologische Schnitte von 2 µm Dicke angefertigt. Um möglichst unversehrte histologische Präparate für die mikroskopische Untersuchung zu erhalten, wurden diese aus der Mitte des in die Gelatinekapseln eingebetteten Nervenabschnittes entnommen.

Sie wurden sofort auf einen Objektträger gelegt und mit Methylenblau gefärbt. Von jedem Präparat sind mehrere Schnitte angefertigt und Zonen verschiedener Faserpopulationen ausgewertet worden.
Mit Hilfe eines Meßokulars wurde der kürzeste und der längste Durchmesser jedes Nervs an 2 senkrecht zueinander liegenden Meßstrecken gemessen und daraus der Mittelwert errechnet. Mit diesem Mittelwert konnte die Querschnittsfläche des jeweiligen Nervs ausgerechnet werden.
Um die Faserzahlen zu bestimmen, wurden Fotografien von verschiedenen Teilen jedes Präparates angefertigt.
Die Vergrößerung betrug linear das 100-fache (Objektiv 25, Optovar 1,25, Projektivfaktor 3,2).
Die Negativgröße betrug 8,88 cm^2 (3,7 cm x 2,4 cm).
Die Bildgröße war 201,6 cm^2 (12 cm x 16 cm), also ergab sich durch das Fotografieren eine Vergrößerung um das 22,702702-fache.
Daraus errechnet sich eine gesamte Flächenvergrößerung von 227027,02-fach.
An einem Teil der Präparate, mit einer jeweiligen Größe von 15850 μm^2, wurden die Nervenfasern nach Größe eingeteilt und gezählt.
Da der Gesamtquerschnitt des betreffenden Präparates schon errechnet war, ließ sich die Gesamtfaserzahl des Nervenquerschnittes durch Multiplikation der Faserzahl des Meßfeldes mit dem Quotienten aus Gesamtfläche und Größe des Meßfeldes ermitteln.
Die Einteilung der Faserdicken erfolgte nach Einteilungskriterien von GRUNDFEST (1940), bei dem die Fasern in A_α-, A_β-, A_γ- und A_δ-Fasern aufgeteilt werden.
Dabei sind nach LULLIES (1970)

A_α-Fasern	10 - 20 µm im Durchmesser
A_β-Fasern	7 - 15 µm im Durchmesser
A_γ-Fasern	4 - 8 µm im Durchmesser
A_δ-Fasern	2,5 - 5 µm im Durchmesser.

Für unsere Untersuchungen haben wir die Grenze zwischen A_α- und A_β-Fasern auf 15 µm festgelegt, um Überschneidungen der Durchmesser von A_α- und A_β-Fasern zu vermeiden.
Bei unseren Fotografien waren Fasern, die kleiner als 5 µm maßen, nicht faßbar. Dadurch sind die A_δ-Fasern vernachlässigt worden.
In der vorliegenden Arbeit wird der prozentuale Anteil von A_α-, A_β- und A_γ-Fasern an der Zahl der bestimmbaren Fasern ermittelt. Die Zahlen, nach denen dabei die Prozentwerte festgestellt wurden, sind alle Mittelwerte der Einzelergebnisse. Darum ergibt deren Summe nicht genau den in den Tabellen angegebenen Gesamtwert.

Statistische Formeln

Die ermittelten arithmetischen Mittelwerte zur Auswertung der Zählergebnisse wurden mit folgender Formel errechnet:

$$M = \frac{\sum(x)}{n}$$

M = Mittelwert
n = Anzahl der Messungen
$\sum(x)$ = Summe aller Meßwerte x

Außerdem wurde die Standardabweichung und der mittlere Fehler des Mittelwertes mit folgenden Formeln berechnet:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{n - 1}}$$

$$s_M = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

wobei $\sum(x - M)^2$ die Summe der Quadrate aller Abweichungen der Einzelwerte x vom Mittelwert M bedeutet
s_M = Mittlerer Fehler des Mittelwertes

Um eventuelle signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der linken und der rechten Präparate feststellen zu können, wurde der t_m-Test angewendet.

$$t_m = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{\sum_1 + \sum_2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}}$$

$\sum_1$ = Summe der Quadrate aller Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert der 1. Meßreihe

$\sum_2$ = Summe der Quadrate aller Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert der 2. Meßreihe

C. N. oculomotorius

I. BEFUNDE

a) Faserzahlen (s. Tab. 1, Seite 9; Abb. 1, Seite 10)

Rechts proximal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 15047, der größte Wert beträgt 21351 und der kleinste 11360.
Rechts distal ist der Mittelwert mit 15855 etwas höher. Das Maximum beträgt hier 20350 (etwas kleiner als proximal), und das Minimum beträgt 9217 (ebenfalls kleiner als proximal).
Der Mittelwert ist rechts distal um 5,4 % höher als proximal.
Links proximal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 14778, der größte Wert beträgt 21515 und der kleinste 5726.
Links distal ist der Mittelwert mit 22126 deutlich höher. Das Maximum beträgt 29288 (höher als proximal), das Minimum beträgt 15022 (wesentlich höher als proximal).
Der Mittelwert ist links distal um 50 % höher als proximal.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich für den proximalen Wert eine Faserzahl, die rechts höher ist als links,und distal eine Faserzahl, die links höher ist als rechts.

b) Vergleich der Querschnittsflächen (s. Tab. 1, Seite 9; Abb. 2, Seite 10)

Rechts proximal messen die Querschnitte im Mittel 3,644 mm^2.
Der größte Wert beträgt 4,559 mm^2 und der kleinste 2,773 mm^2.

Rechts distal ist der Mittelwert niedriger; er liegt bei 2,792 mm^2.
Das Maximum beträgt hier 3,385 mm^2 und das Minimum 1,950 mm^2.
Links proximal liegt der Mittelwert bei 3,125 mm^2.
Der größte Wert beträgt 4,221 mm^2 und der kleinste 1,396 mm^2.
Links distal liegt der Mittelwert bei 3,118 mm^2.
Das Maximum beträgt hier 4,674 mm^2, das Minimum beträgt 2,142 mm^2.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, daß der rechte proximale Wert höher ist als der linke und daß der linke distale Wert höher ist als der rechte.

Sowohl rechts wie links ist der proximale Querschnitt etwas größer als der distale. Die Unterschiede sind aber nicht signifikant.

Ergebnisse der Flächenbestimmung, Faserzählung (Gesamtfaserzahl und nach Faserarten getrennt), Ermittlung der Prozentwerte der einzelnen Faserarten an der Gesamtfaserzahl sowie Aufteilung der Ergebnisse nach proximal, distal, rechts und links.

Tabelle 1

N. III			n	M	min.	max.	s	s_M	%
Fläche mm^2	prox	re	8	3,644	2,773	4,559	0,592	0,209	
		li	9	3,125	1,396	4,221	0,769	0,256	
	dist	re	7	2,792	1,950	3,385	0,498	0,188	
		li	10	3,118	2,142	4,674	0,739	0,234	
Gesamtfaserzahl	prox	re	6	15047	11360	21351	3452	1413	
		li	9	14778	5726	21515	4286	1428	
	dist	re	7	15855	9217	20350	3433	1297	
		li	6	22126	15022	29288	5009	2045	
A_C-Fasern	prox	re	6	3871	1213	6408	1881	768	28,18
		li	9	5420	1672	12479	2978	992	35,29
	dist	re	5	1919	1174	3119	772	345	13,64
		li	6	4356	2417	6508	1547	631	19,29
A_B-Fasern	prox	re	6	9142	4398	16142	5037	1904	59,14
		li	9	6458	3259	9042	1677	559	44,41
	dist	re	7	9889	1481	16484	4809	1818	61,92
		li	6	10926	8979	12720	1523	622	50,59
A_A-Fasern	prox	re	6	2228	483	3992	3562	1346	18,27
		li	9	2889	790	5199	1430	477	19,10
	dist	re	7	4586	931	14690	4562	1724	28,28
		li	6	6843	3626	10058	2473	1010	30,11

n ≙ Anzahl der untersuchten Präparate

M ≙ Mittelwert der Fläche oder der Faserzahl

min. ≙ niedrigstes Einzelergebnis

max. ≙ höchstes Einzelergebnis

s ≙ Standardabweichung

s_M ≙ mittlerer Fehler des Mittelwertes

% ≙ Mittelwert der prozentualen Anteile der Faserarten an der Gesamtfaserzahl

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Gesamtfaserzahlen proximal und distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

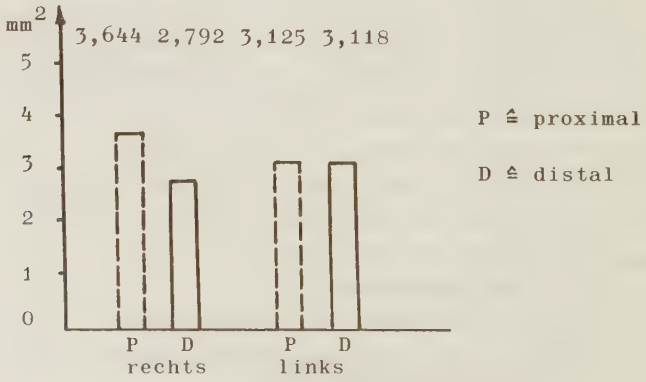
Nerv: III Abb. 1

Faserzahl

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Querschnittsflächen proximal und distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: III Abb. 2

Querschnittsflächen



c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl (s. Tab. 1, Seite 9; Abb. 3, Seite 12)

Rechts proximal beträgt der Anteil der A_α-Fasern 28,18 %, links proximal ist er mit 35,29 % höher.
Bei den A_β-Fasern ist der Anteil an den Gesamtfasern rechts proximal mit 59,14 % höher als links proximal; hier beträgt er 44,41 %. Die A_γ-Fasern sind rechts proximal (18,27 %) in etwa gleich häufig vertreten wie links proximal (19,10 %).

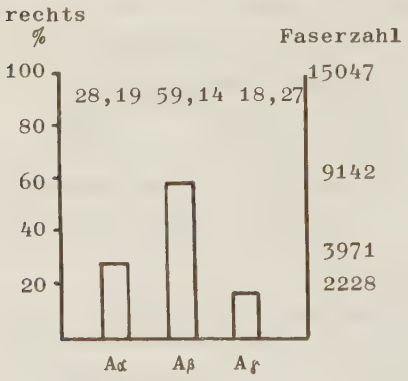
Rechts distal bleibt der Anteil der A_α-Fasern mit 13,64 % kleiner als links distal mit 19,25 %. Das entspricht den Verhältnissen, die auch proximal zu beobachten waren.

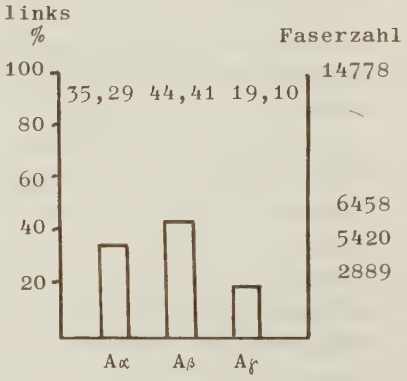
Die distalen Anteile der A_β-Fasern haben sich gegenüber proximal nicht stark geändert, sie sind ebenso wie proximal auch distal mit 61,92 % rechts etwas höher als links (50,59 %).
Bei den A_γ-Fasern ist der prozentuale Anteil an der Gesamtfaserzahl distal deutlich höher als proximal (rechts und links).
Im Rechts-Links-Vergleich zeigen sich aber ebenso wie proximal fast gleich große Werte, und zwar für rechts distal 28,28 % und für links distal 30,11 %.
Insgesamt ist festzustellen, daß der Anteil der dickeren Fasern von proximal nach distal abnimmt zugunsten dünnerer Fasern, während der Anteil der A_β-Fasern ziemlich konstant bleibt.

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der prozentualen Anteile der A_α-, A_β- und A_γ-Fasern an der Gesamtfaserzahl mit Angabe der absoluten Zahlen für die Gesamtfaserzahl und die Zahl der A_α-, A_β- und A_γ-Fasern. Alle angegebenen Zahlen sind Mittelwerte und ergeben daher in der Addition nicht den obenstehenden Wert der Gesamtfaserzahl bzw. 100 %.

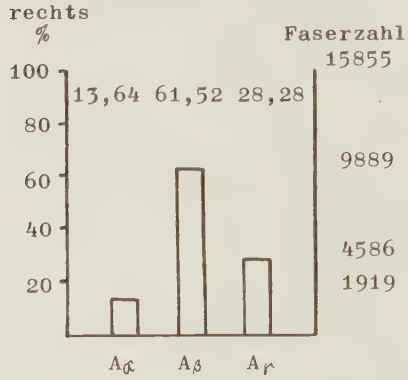
Nerv: III Abb. 3

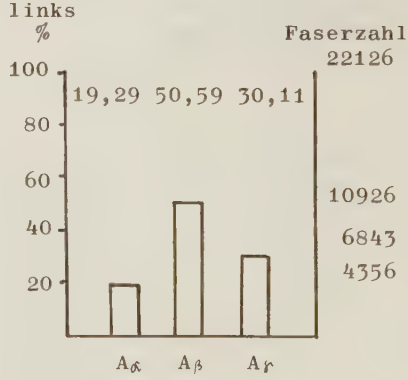
Entnahmestelle: proximal





Entnahmestelle: distal



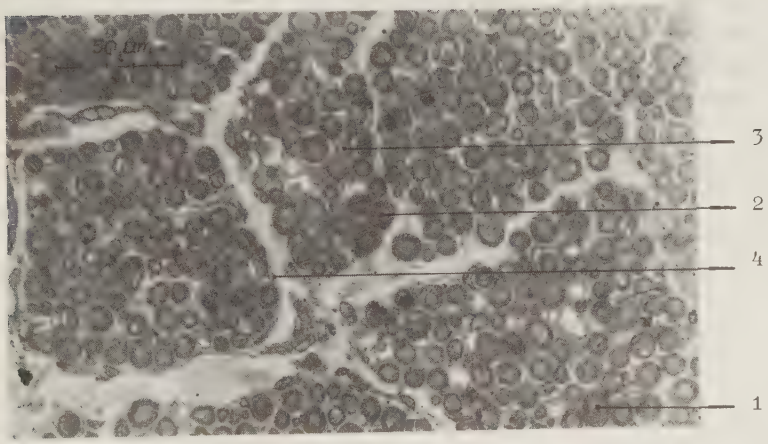


d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test)

	Messungen an Gehirnpräparaten (proximal)	Messungen an Kopfpräparaten (distal)
Fläche des Nervenschnittes	- 0,213	- 0,743
Gesamtfaseranzahl	- 1,640	+ 0,874
Anzahl der A_α-Fasern	- 0,721	- 1,357
Anzahl der A_β-Fasern	+ 0,449	- 1,296
Anzahl der A_γ-Fasern	- 1,281	- 0,716

Abb. 4a

N. oculomotorius proximal



1 A_α-Faser

2 A_β-Faser

3 A_γ-Faser

4 Faserbündelgrenze

D. N. trochlearis

I. BEFUNDE

a) Faserzahlen (s. Tab. 2, Seite 17; Abb. 5, Seite 18)

Rechts proximal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 1756. Der größte Wert beträgt 2589 und der kleinste 823.
Rechts distal ist der Mittelwert mit 2246 Fasern um 27 % höher als der proximale Wert.
Das Maximum beträgt hier 3050 und das Minimum 1756; beide liegen deutlich über dem proximalen Befund.
Links proximal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 1945, der größte Wert beträgt 2337 und der kleinste 903.
Links distal ist der Mittelwert mit 2359 um 21,3 % höher als proximal.
Das Maximum beträgt hier 3093 und das Minimum 1628, beide liegen höher als proximal.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich für den proximalen Wert eine Faserzahl, die links höher ist als rechts, distal liegt die festgestellte Faserzahl links ebenfalls höher als rechts.

b) Vergleich der Querschnittsflächen
(s. Tab. 2, Seite 17; Abb. 6, Seite 18)

Rechts proximal messen die Querschnitte im Mittel 0,418 mm^2.
Der größte Wert beträgt 0,671 mm^2 und der kleinste 0,247 mm^2.
Rechts distal ist der Mittelwert etwas höher, er liegt bei 0,430 mm^2.
Das Maximum beträgt hier 0,628 mm^2 und das Minimum 0,274 mm^2.
Links proximal liegt der Mittelwert bei 0,402 mm^2.
Der größte Wert beträgt 0,586 mm^2 und der kleinste 0,303 mm^2.
Links distal liegt der Mittelwert mit 0,390 mm^2 etwas niedriger als proximal.
Das Maximum beträgt 0,628 mm^2 und das Minimum 0,260 mm^2.
Die Mittelwerte der rechts gemessenen Querschnitte liegen etwas höher als die linken, aber ohne einen signifikanten Unterschied.

Ergebnisse der Flächenbestimmung, Faserzählung (Gesamtfaserzahl und nach Faserarten getrennt), Ermittlung der Prozentwerte der einzelnen Faserarten an der Gesamtfaserzahl sowie Aufteilung der Ergebnisse nach proximal, distal, rechts und links.

Tabelle 2

N. IV			n	M	min.	max.	s	s_M	%
Fläche mm^2	prox	re	8	0,418	0,247	0,671	0,148	0,052	
		li	9	0,402	0,303	0,586	0,087	0,029	
	dist	re	10	0,430	0,274	0,628	0,126	0,040	
		li	8	0,390	0,260	0,628	0,114	0,040	
Gesamt-faserzahl	prox	re	6	1756	823	2589	730	298	
		li	8	1945	903	2337	478	169	
	dist	re	8	2246	1756	3050	426	151	
		li	7	2359	1628	3093	659	249	
A_α-Fasern	prox	re	5	695	442	1356	381	170	42,12
		li	8	676	442	1322	289	102	35,81
	dist	re	7	555	87	1228	387	146	25,24
		li	7	256	96	785	249	94	12,90
A_β-Fasern	prox	re	6	850	221	1566	502	205	45,29
		li	7	833	462	1282	270	102	44,39
	dist	re	8	969	441	1515	367	130	42,85
		li	7	1112	597	1599	407	154	47,03
A_δ-Fasern	prox	re	6	327	161	607	197	81	19,61
		li	7	618	286	1011	269	102	28,96
	dist	re	8	791	414	1536	372	131	35,07
		li	7	989	313	1854	561	212	39,98

n ≙ Anzahl der untersuchten Präparate

M ≙ Mittelwert der Fläche oder der Faserzahl

min. ≙ niedrigstes Einzelergebnis

max. ≙ höchstes Einzelergebnis

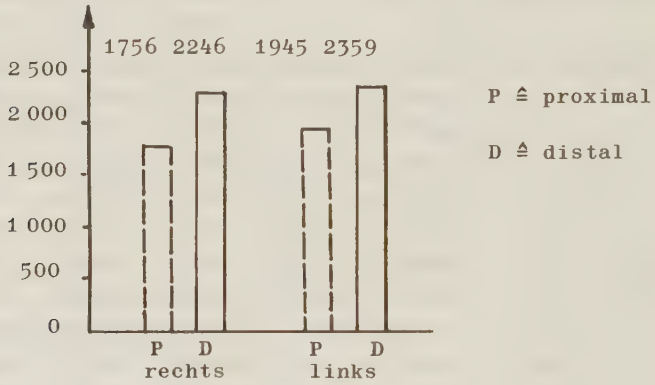
s ≙ Standardabweichung

s_M ≙ mittlerer Fehler des Mittelwertes

% ≙ Mittelwert der prozentualen Anteile der Faserarten an der Gesamtfaserzahl

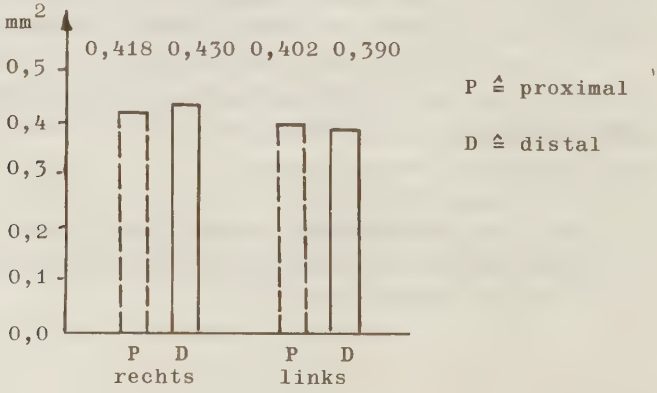
Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Gesamtfaserzahlen proximal und distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: IV Abb. 5
Faserzahl



Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Querschnittsflächen proximal und distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: IV Abb. 6
Querschnittsflächen



c) Aα-, Aβ- und Aγ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl (s. Tab. 2, Seite 17; Abb. 7, Seite 20)

Der Anteil der Aα-Fasern beträgt rechts proximal 42,12 %, links proximal ist er mit 35,81 % etwas niedriger.
Bei den Aβ-Fasern ist der Anteil an den Gesamtfasern rechts proximal mit 45,29 % fast gleich groß wie links proximal; hier beträgt er 44,39 %.
Die Aγ-Fasern sind rechts proximal (19,61 %) deutlich weniger vertreten als links proximal (28,96 %).
Der Anteil der Aα-Fasern bleibt rechts distal mit 25,24 % höher als links distal mit 12,9 %. Das entspricht den Verhältnissen, die auch proximal zu beobachten waren, nur hat die Zahl insgesamt sehr deutlich abgenommen.
Die distalen Anteile der Aβ-Fasern haben sich gegenüber proximal nicht stark geändert; sie sind ebenso wie proximal auch distal mit 42,85 % rechts etwas niedriger als links (47,03 %).
Bei den Aγ-Fasern ist der prozentuale Anteil an der Gesamtfaserzahl distal deutlich höher als proximal (rechts und links).
Im Rechts-Links-Vergleich zeigen sich aber ebenso wie proximal rechts distal kleinere Werte als links, und zwar für rechts distal 35,07 % und links distal 39,98 %.

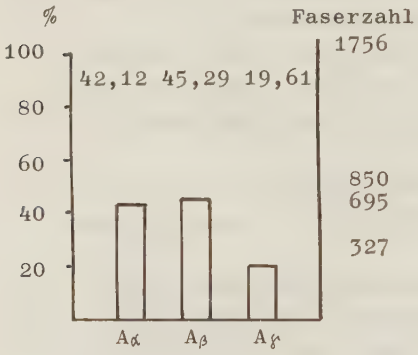
Insgesamt ist deutlich festzustellen, daß der Anteil der dickeren Fasern von proximal nach distal abnimmt zugunsten dünnerer Fasern, während der Anteil der Aβ-Fasern ziemlich konstant bleibt.

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der prozentualen Anteile der Aα-, Aβ- und Aγ-Fasern an der Gesamtfaserzahl mit Angabe der absoluten Zahlen für die Gesamtfaserzahl und die Zahl der Aα-, Aβ- und Aγ-Fasern. Alle angegebenen Zahlen sind Mittelwerte und ergeben daher in der Addition nicht den obenstehenden Wert der Gesamtfaserzahl bzw. 100 %.

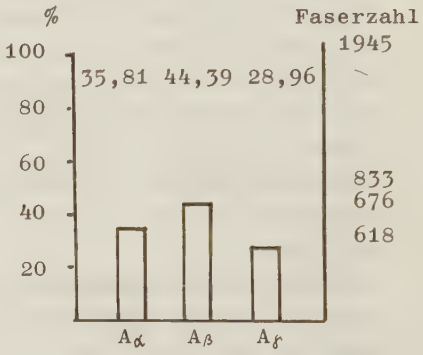
Nerv: IV Abb. 7

Entnahmestelle: proximal

rechts

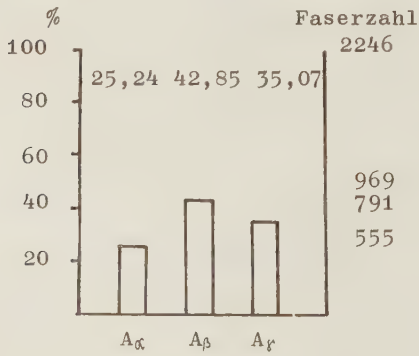


links

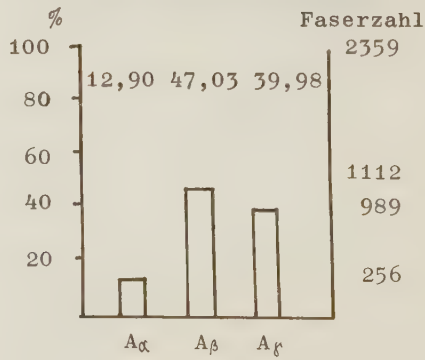


Entnahmestelle: distal

rechts



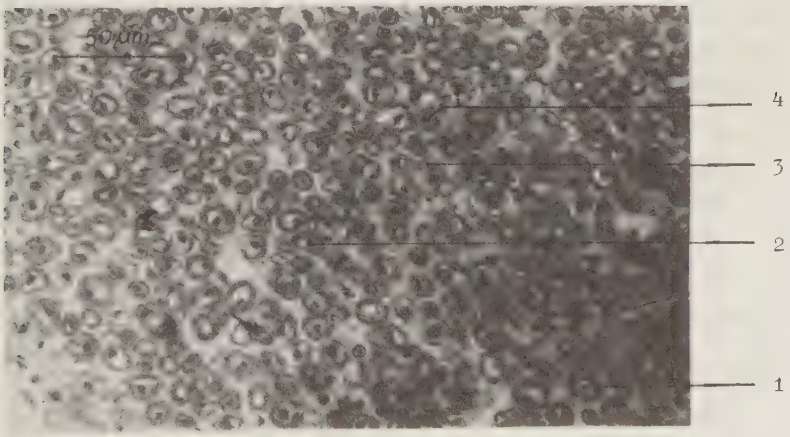
links



d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test)

	Messungen an Gehirnpräparaten (proximal)	Messungen an Kopfpräparaten (distal)
Fläche des Nervenquerschnittes	- 0,213	- 0,743
Gesamtfaseranzahl	- 1,640	+ 0,874
Anzahl der A_α-Fasern	- 0,721	+ 1,357
Anzahl der A_β-Fasern	+ 0,449	- 1,296
Anzahl der A_γ-Fasern	- 1,281	- 0,716

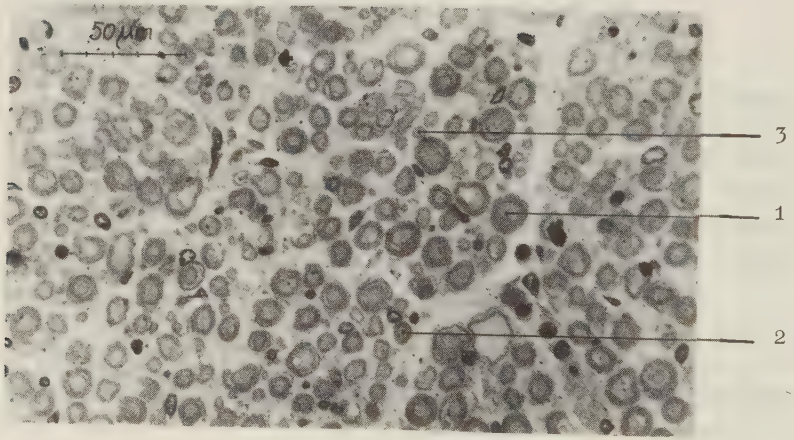
Abb. 8a
N. trochlearis proximal



1 A_α-Faser
2 A_β-Faser
3 A_γ-Faser
4 Axone

Abb. 8b

N. trochlearis distal



1 A_α-Faser

2 A_β-Faser

3 A_γ-Faser

II. DISKUSSION

ROSENTHAL (1845) hat die Fasern des N. IV mit 1200 angegeben.
VIERORDT (1906) stellte eine Faserzahl von 2147 fest.
AGDUHR (1920) hat Untersuchungen an silberimprägnierten Präparaten vorgenommen und hat Ergebnisse zwischen 2868 und 3413 Fasern ermittelt.
BORS (1926) hat den N. IV beim Austritt aus dem Hirnstamm und im Sinus cavernosus untersucht. Seine Zählungen ergeben proximal 1602 Fasern und distal 1782 Fasern.
BJÖRKMANN und WOHLFART (1936) haben Untersuchungen an Präparaten, die nach ALZHEIMER-MANN gefärbt waren, und auch an nach BIELSCHOWSKY-AGDUHR Ag-imprägnierten Präparaten zur Kontrolle der myelinfreien Fasern gemacht und haben 3400 Fasern gezählt.
Sie berichteten: "In keinem der Augenmuskelnerven wurden Fasern kleinerer Diameter als 1 µm angetroffen.
Auch konnte man keine myelinfreien Fasern finden.
Betreffs des N. IV wurde dies auch mittels Silberimprägnierung nach BIELSCHOWSKY-AGDUHR kontrolliert."
Sie berichteten weiter: "Im N. trochlearis ist die Größenordnung mit dem kleineren Kaliber der Nervenfasern viel zahlreicher als die entsprechende Größenordnung der beiden anderen Nerven" (hier: N. III und N. VI).

Dies hat sich bei uns nicht bestätigt, möglicherweise weil die kleinsten Fasern mit unserer Methode nicht erfaßt wurden.
HARLEY (1942) hat N. IV sowohl mit der WEIGERTschen Markscheidenfärbung wie auch nach Silberimprägnierung mit Rechts-Links-Unterteilung untersucht.
Die Mittelwerte seiner Zählungen betrugen rechts 2187 $\pm$ 81 und links 2107 $\pm$ 76. Statistisch waren die Rechts-Links-Unterschiede wie bei unseren Auswertungen nicht signifikant.

SWENSON (1949) hat Präparate, die nach einer Modifikation der Methode von ALZHEIMER-MANN behandelt wurden, bei der man die Anzahl der mit Myelinscheiden versehenen Nervenfasern erhält, untersucht. Er zählte am N. IV 2480 Fasern beim Austritt aus dem Gehirn. Am Muskelhilus zählte er 2630 Fasern.
SINCLAIR (1958) hat 2182 Fasern außerhalb des Gehirns gezählt und behauptet, daß eine Anzahl aus anderen Kernen stammende Fasern zum N. IV übergeht.
Nach ABDULLAEV (1965) enthält der Nerv durchschnittlich 2112 ± 121 myelinisierte Fasern und im distalen Teil um 409 ± 11 mehr.
Wir zählten zwischen 1756 und 2359 Fasern und stellten proximal weniger Fasern als distal fest.
Signifikante Rechts-Links-Unterschiede konnten wir nicht feststellen.

E. N. abducens

I. BEFUNDE

a) Faserzahlen (s. Tab. 3, Seite 26; Abb. 9, Seite 27)

Rechts proximal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 3535, der größte Wert beträgt 8136 und der kleinste 1946. Rechts distal ist der Mittelwert mit 3567 etwas höher. Das Maximum beträgt hier 5260 und das Minimum 1557, beide sind kleiner als proximal.
Der Mittelwert ist rechts distal nur um 0,9 % höher als proximal.
Links proximal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 3961, der größte Wert beträgt 5626 und der kleinste 2477. Links distal ist der Mittelwert mit 3982 um 0,5 % höher als proximal.
Das Maximum beträgt 5590 und das Minimum 2190, beide sind also kleiner als proximal.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich für den proximalen Wert eine Faserzahl, die links höher ist als rechts, und distal liegt ebenfalls eine Faserzahl vor, die links höher ist als rechts.

b) Vergleich der Querschnittsflächen
(s. Tab. 3, Seite 26; Abb. 10, Seite 27)

Rechts proximal messen die Querschnitte im Mittel 0,953 mm^2.
Der größte Wert beträgt 1,460 mm^2 und der kleinste 0,433 mm^2.
Rechts distal ist der Mittelwert 0,650 mm^2.
Das Maximum beträgt hier 0,935 mm^2 und das Minimum 0,357 mm^2.
Links proximal liegt der Mittelwert bei 1,146 mm^2.
Der größte Wert beträgt 1,302 mm^2 und das Minimum beträgt 0,274 mm^2.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, daß proximal der linke Wert höher ist als der rechte und daß distal ebenfalls der linke Wert höher liegt als der rechte. Sowohl rechts wie links ist der proximale Querschnitt höher als der distale. Die Unterschiede sind aber nicht signifikant.

Ergebnisse der Flächenbestimmung, Faserzählung (Gesamtfaserzahl und nach Faserarten getrennt), Ermittlung der Prozentwerte der einzelnen Faserarten an der Gesamtfaserzahl sowie Aufteilung der Ergebnisse nach proximal, distal, rechts und links.

Tabelle 3

N. VI			n	M	min.	max.	s	s_M	%
Fläche mm^2	prox	re	9	0,953	0,433	1,460	0,298	0,099	
		li	8	1,146	0,586	1,858	0,390	0,138	
	dist	re	5	0,650	0,357	0,935	0,247	0,110	
		li	9	0,767	0,274	1,302	0,356	0,118	
Gesamt-faserzahl	prox	re	5	3535	1946	8136	2608	1166	
		li	9	3961	2477	5626	1199	400	
	dist	re	5	3567	1557	5260	1816	812	
		li	7	3982	2190	5590	1306	494	
A_4-Fasern	prox	re	4	1114	246	2091	756	378	44,42
		li	9	1901	485	3983	1203	401	47,32
	dist	re							36,02
		li	7	1826	792	3529	1095	414	43,95
A_3-Fasern	prox	re	5	2345	885	6643	2432	1088	60,80
		li	9	2033	146	4002	1082	361	51,62
	dist	re	5	3018	627	5260	2008	898	71,72
		li	7	2153	1203	3305	905	342	55,95

n ≙ Anzahl der untersuchten Präparate

M ≙ Mittelwert der Fläche oder der Faserzahl

min. ≙ niedrigstes Einzelergebnis

max. ≙ höchstes Einzelergebnis

s ≙ Standardabweichung

s_M ≙ mittlerer Fehler des Mittelwertes

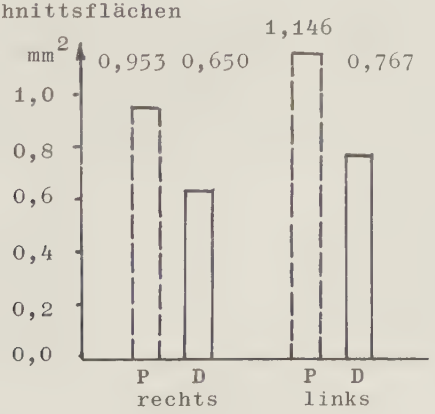
% ≙ Mittelwert der prozentualen Anteile der Faserarten an der Gesamtfaserzahl

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Gesamtfaserzahlen proximal und distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: VI Abb. 9
Faserzahl

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Querschnittsflächen proximal und distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: VI Abb. 10
Querschnittsflächen



c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl (s. Tab. 3, Seite 26; Abb. 11, Seite 29)

Der Anteil der A_α-Fasern beträgt rechts proximal 44,42 %, links proximal ist er mit 47,32 % etwas höher.
Bei den A_β-Fasern ist der Anteil an den Gesamtfasern rechts proximal mit 60,80 % deutlich größer als links proximal, wo er 51,62 % beträgt.
Die A_γ-Fasern sind in so wenigen Präparaten aufgetreten, daß eine statistische Auswertung nicht möglich war.
Der Anteil der A_α-Fasern bleibt rechts distal mit 36,02 % niedriger als links distal mit 43,95 %.
Das entspricht den Verhältnissen, die auch proximal zu beobachten waren, nur hat die Zahl etwas abgenommen.
Die distalen Anteile der A_β-Fasern haben gegenüber proximal rechts stärker zugenommen als links. Sie sind ebenso wie proximal auch distal mit 71,72 % rechts deutlich höher als links (55,95 %).

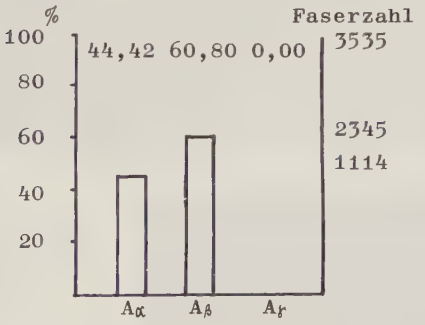
Die Anzahl der A_δ-Fasern rechts distal konnte nicht angegeben werden, da die Anzahl der untersuchten Präparate für die statistische Auswertung zu gering war.

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der prozentualen Anteile der A_α-, A_β- und A_γ-Fasern an der Gesamtfaserzahl mit Angabe der absoluten Zahlen für die Gesamtfaserzahl und die Zahl der A_α-, A_β- und A_γ-Fasern. Alle angegebenen Zahlen sind Mittelwerte und ergeben daher in der Addition nicht den obenstehenden Wert der Gesamtfaserzahl bzw. 100 %.

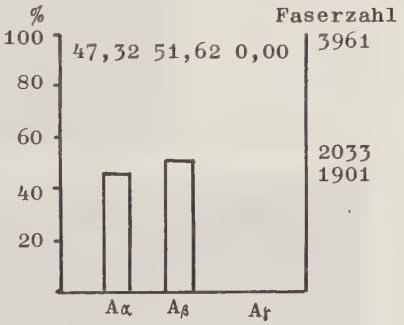
Nerv: VI Abb. 11

Entnahmestelle: proximal

rechts

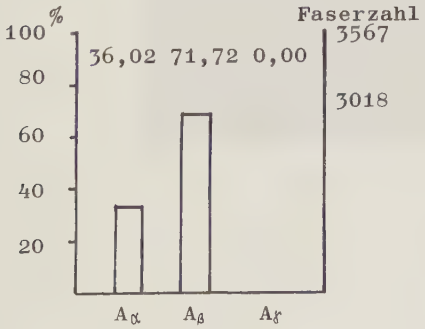


links

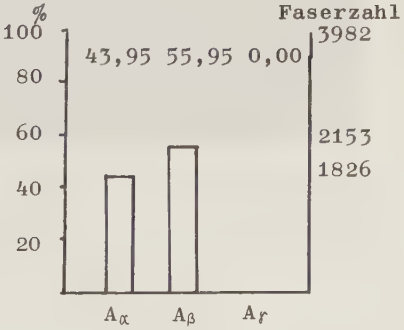


Entnahmestelle: distal

rechts



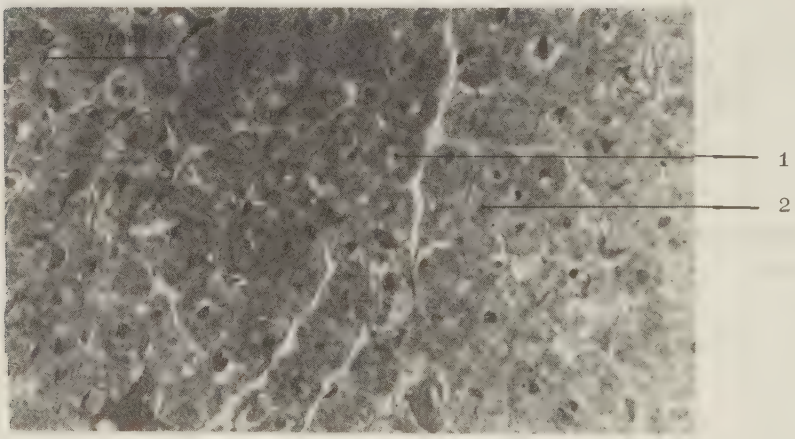
links



d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test)

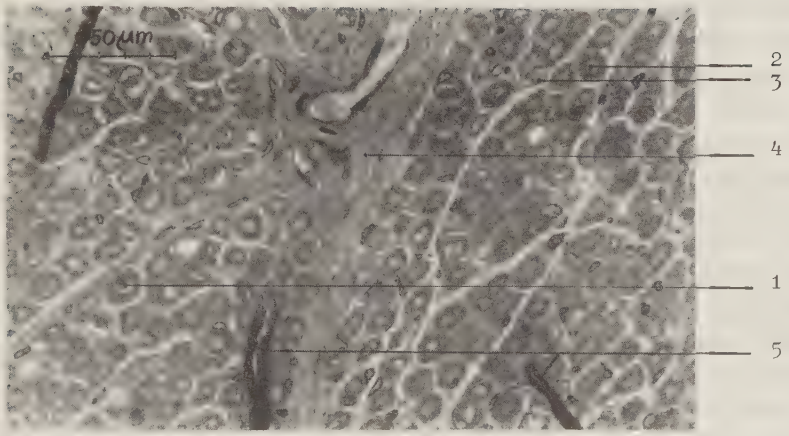
	Messungen an Gehirnpräparaten (proximal)	Messungen an Kopfpräparaten (distal)
Fläche des Nervenquerschnittes	- 0,603	- 1,176
Gesamtfaseranzahl	- 1,352	- 1,353
Anzahl der A_β-Fasern	- 1,442	- 0,792

Abb. 12a
N. abducens proximal



1 A_α-Faser
2 A_β-Faser

Abb. 12b
N. abducens distal



1 A_α-Faser
2 A_β-Faser
3 A_γ-Faser
4 interfaszikuläres Bindegewebe
5 Artefakte

II. DISKUSSION

ROSENTHAL (1845) zählte im N. VI 2600 Fasern.
TERGAST (1873) fand dagegen 3610 Fasern.
BARRATT (1901) fand hauptsächlich Fasern zwischen 3 und 6 µm sowie zwischen 11 und 17 µm.
BORS (1926) gibt beim Austritt aus dem Hirnstamm 3862 Fasern und im Sinus cavernosus 4291 Fasern an. Diese Werte liegen den unsrigen nahe. Wir zählten proximal 3535 - 3566 und distal 3961 - 3982 Fasern und konnten keine statistisch signifikanten Rechts-Links-Unterschiede feststellen.
CHIBA (1926) hat Rechts-Links-Vergleiche gemacht und dabei rechts 4422 und links 5661 Fasern gezählt.
BJÖRKMANN und WOHLFART (1936) zählten mit Hilfe der Modifikation der Färbung von ALZHEIMER-MANN 6600 Fasern.
Laut ihren Angaben sind die dünneren Fasern auffallend spärlich vorhanden.
HARLEY (1942) hat bei seinen Zählungen auch Seitenvergleiche gemacht, ohne statistisch signifikante Unterschiede feststellen zu können. Er berichtete noch, daß die absolute Variabilität bei N. abducens größer sei als bei N. trochlearis.
SWENSON (1949) fand beim Erwachsenen beim Austritt aus dem Gehirn 5890 und am Muskelhilus 7220 Fasern.
Er gibt ferner an, daß die Anzahl der feinen Nervenfasern in dem distalen Teil größer sei als in dem proximalen Teil desselben Nervs.
TOMASCH und SCHWARZACHER (1952) geben bei ihrer Faseranalyse des N. abducens an, daß das Maximum der dünnen Fasern bei 2 - 3 µm liegt. Dies mag erklären, warum unsere Faserzahlen niedriger sind. Vermutlich sind die myelinarmen Fasern bei unseren Methoden nicht erfaßt worden.
TOMASCH und SCHWARZACHER berichteten außerdem, daß die dicksten Fasern über 17 µm Durchmesser hatten und daß das Maximum der Faserdicken zwischen 9 und 10 µm und das Minimum zwischen 5 und 6 µm lag.
ABDULLAEV (1965) gibt 5124 Fasern an.

F. N. ophthalmicus

I. BEFUNDE

a) Faserzahlen (s. Tab. 4, Seite 34; Abb. 13, Seite 35)

Rechts distal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 97 405 Fasern.
Das Maximum beträgt 149 348 und das Minimum 37 602.
Links distal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 117 218, das Maximum beträgt 193 030 (höher als rechts) und das Minimum 51 003 (höher als rechts).
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, daß der distale linke Wert höher liegt als der rechte.

b) Vergleich der Querschnittsflächen
(s. Tab. 4, Seite 34; Abb. 14, Seite 35)

Rechts distal messen die Querschnitte im Mittel 9,299 mm^2.
Der größte Wert beträgt 17,330 mm^2 und der kleinste 4,221 mm^2.
Links distal liegt der Mittelwert bei 7,864 mm^2.
Das Maximum beträgt 13,146 und das Minimum 2,818 mm^2.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, daß der distale rechte Wert höher liegt als der linke.

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl
(s. Tab. 4, Seite 34; Abb. 15, Seite 36)

Die Anzahl der A_α-Fasern konnte nicht angegeben werden, da die Zahl der gefundenen Fasern für die statistische Auswertung zu gering war.
Rechts beträgt der Anteil der A_β-Fasern 23,18 %, links ist er mit 19,58 % etwas niedriger.
Die A_γ-Fasern haben rechts mit 73,17 % einen geringeren Anteil als links mit 80,42 %.

Ergebnisse der Flächenbestimmung, Faserzählung (Gesamtfaserzahl und nach Faserarten getrennt), Ermittlung der Prozentwerte der einzelnen Faserarten an der Gesamtfaserzahl sowie Aufteilung der Ergebnisse nach distal, rechts und links.

Tabelle 4

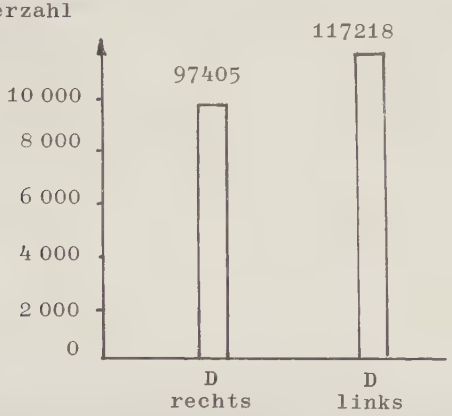
N. V_1		n	M	min.	max.	s	s_M	%
Fläche mm^2	re	9	9,299	4,221	17,330	3,744	1,248	
	li	7	7,864	2,818	13,146	3,549	1,341	
Gesamtfaserzahl	re	6	97405	37602	149348	49958	20395	
	li	7	117218	51003	193030	51878	19608	
A_β-Fasern	re	6	16366	6335	47032	15613	6374	23,18
	li	7	23935	7548	47427	13400	5065	19,58
A_γ-Fasern	re	6	78700	21485	141134	44314	18091	73,17
	li	7	93297	42448	145603	39581	14960	80,42

n ≙ Anzahl der untersuchten Präparate
M ≙ Mittelwert der Fläche oder der Faserzahl
min. ≙ niedrigstes Einzelergebnis
max. ≙ höchstes Einzelergebnis
s ≙ Standardabweichung
s_M ≙ mittlerer Fehler des Mittelwertes
% ≙ Mittelwert der prozentualen Anteile der Faserarten an der Gesamtfaserzahl

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Gesamtfaserzahlen distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: V_1 Abb. 13

Faserzahl

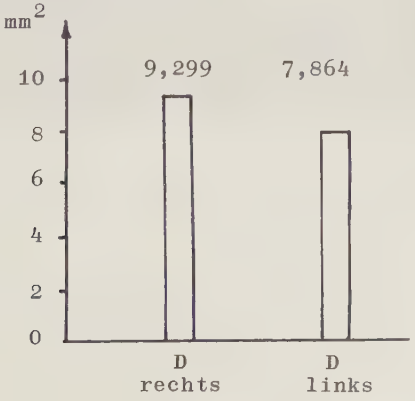


D ≙ distal

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Querschnittsflächen distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: V_1 Abb. 14

Querschnittsflächen

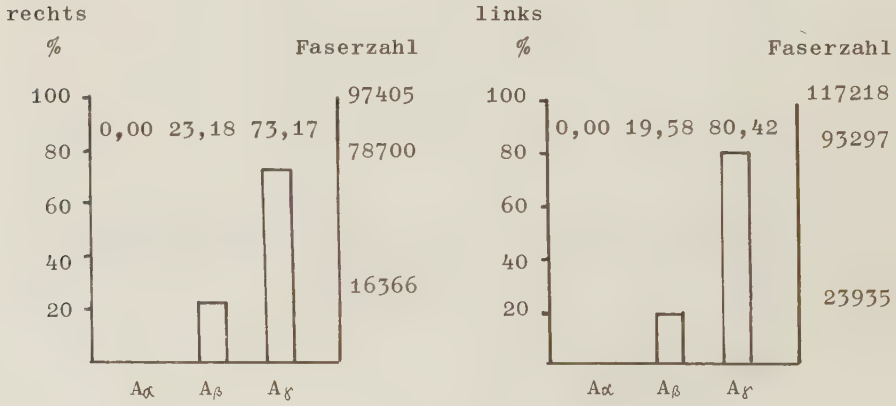


D ≙ distal

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der prozentualen Anteile der $A\alpha$-, $A\beta$- und $A\gamma$-Fasern an der Gesamtfaserzahl mit Angabe der absoluten Zahlen für die Gesamtfaserzahl und die Zahl der $A\alpha$-, $A\beta$- und $A\gamma$-Fasern. Alle angegebenen Zahlen sind Mittelwerte und ergeben daher in der Addition nicht den obenstehenden Wert der Gesamtfaserzahl bzw. 100 %.

Nerv: V_1 Abb. 15

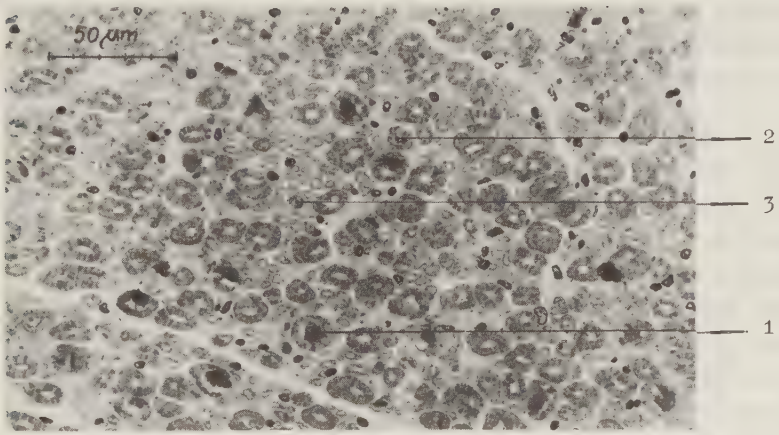
Entnahmestelle: distal



d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test)

	Messungen an Kopfpräparaten (distal)
Fläche des Nervenquerschnittes	- 0,981
Gesamtfaseranzahl	- 1,095
Anzahl der A_β-Fasern	- 0,856
Anzahl der A_γ-Fasern	- 1,166

Abb. 16
N. ophthalmicus



1 A_α-Faser
2 A_β-Faser
3 A_γ-Faser

G. N. maxillaris

I. BEFUNDE

a) Faserzahlen (s. Tab. 5, Seite 39; Abb. 17, Seite 40)

Rechts distal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 33 860, der größte Wert beträgt 41 107 und der kleinste 21 389.
Links distal liegt der Mittelwert bei 44 349, das Maximum beträgt 82 554 und das Minimum 16 873 Fasern.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, daß der distale linke Wert höher ist als der rechte.

b) Vergleich der Querschnittsflächen
(s. Tab. 5, Seite 39; Abb. 18, Seite 40)

Rechts distal messen die Querschnitte im Mittel 9,466 mm^2.
Der größte Wert beträgt 15,376 mm^2 und der kleinste 6,172 mm^2.
Links distal liegt der Mittelwert auch bei 9,459 mm^2.
Das Maximum beträgt hier ähnlich wie rechts 15,270 mm^2 und das Minimum 4,616 mm^2.

c) A_α-, A_β- und A_γ-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl
(s. Tab. 5, Seite 39; Abb. 19, Seite 41)

Rechts beträgt der Anteil der A_α-Fasern 35,47 %, links fehlt die Gruppe der A_α-Fasern.
Bei den A_β-Fasern liegt der Anteil an den Gesamtfaserzahlen rechts mit 51,61 % etwas höher als links, wo er 46,15 % beträgt.
Die A_γ-Fasern sind rechts (34,69 %) deutlich weniger vertreten als links (53,85 %).
Hier fällt auf, daß rechts der Anteil der A_β-Fasern höher ist als der der A_γ-Fasern.
Links überwiegt der Anteil der A_γ-Fasern, was sonst auch den Befunden beim N. ophthalmicus und dem N. mandibularis entspricht.
Die Anzahl der A_δ-Fasern konnte nicht angegeben werden, da die Zahl der gefundenen Fasern für die statistische Auswertung zu gering war.

Ergebnisse der Flächenbestimmung, Faserzählung (Gesamtfaserzahl und nach Faserarten getrennt), Ermittlung der Prozentwerte der einzelnen Faserarten an der Gesamtfaserzahl sowie Aufteilung der Ergebnisse nach distal, rechts und links.

Tabelle 5

N. V_2		n	M	min.	max.	s	s_M	%
Fläche $\frac{2}{mm}$	re	8	9,466	6,172	15,376	3,544	1,115	
	li	10	9,459	4,616	15,270	2,769	0,876	
Gesamtfaserzahl	re	7	33860	21389	41107	6700	2532	
	li	8	44349	16873	82554	19822	7008	
A_α-Fasern	re	6	12364	6372	19401	5241	2140	35,47
	li							
A_β-Fasern	re	7	16741	8955	21480	4277	1616	51,61
	li	8	18951	7499	29315	7964	2816	46,15
A_γ-Fasern	re							34,69
	li	8	25398	6719	53239	16372	5788	53,85

n ≙ Anzahl der untersuchten Präparate

M ≙ Mittelwert der Fläche oder der Faserzahl

min. ≙ niedrigstes Einzelergebnis

max. ≙ höchstes Einzelergebnis

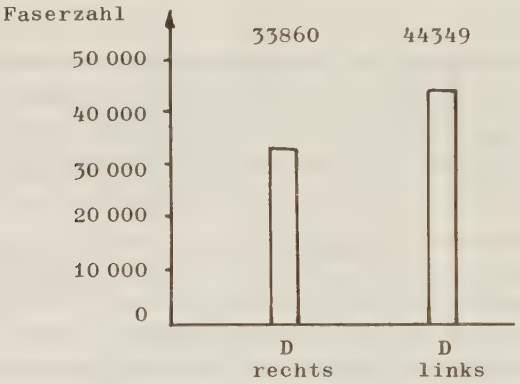
s ≙ Standardabweichung

s_M ≙ mittlerer Fehler des Mittelwertes

% ≙ Mittelwert der prozentualen Anteile der Faserarten an der Gesamtfaserzahl

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Gesamtfaserzahlen distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

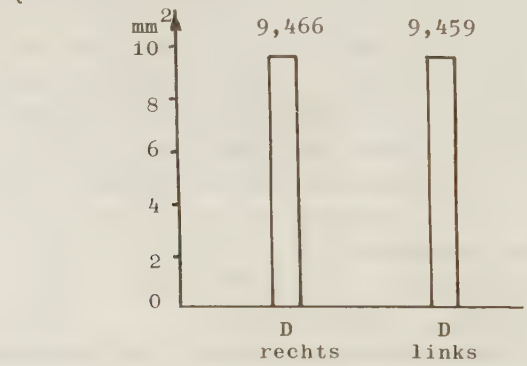
Nerv: V_2 Abb. 17



D ≙ distal

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Querschnittsflächen distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: V_2 Abb. 18

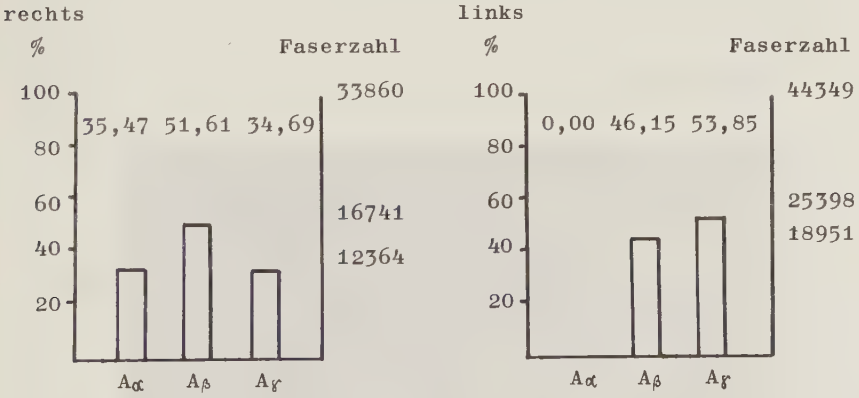


D ≙ distal

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der prozentualen Anteile der A_α-, A_β- und A_γ-Fasern an der Gesamtfaserzahl und die Zahl der A_α-, A_β- und A_γ-Fasern. Alle angegebenen Zahlen sind Mittelwerte und ergeben daher in der Addition nicht den obenstehenden Wert der Gesamtfaserzahl bzw. 100 %.

Nerv: V_2 Abb. 19

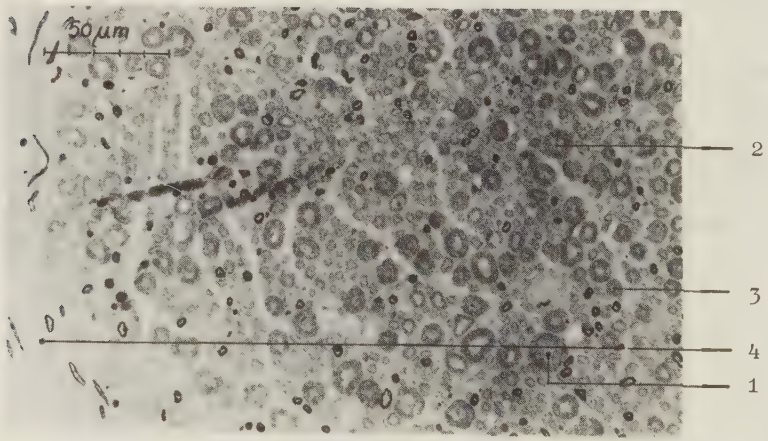
Entnahmestelle: distal



d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test)

	Messungen an Kopfpräparaten (distal)
Fläche des Nervenquerschnittes	- 1,746
Gesamtfaseranzahl	- 0,441
Anzahl der Aβ-Fasern	- 1,121

Abb. 20
N. maxillaris



1 Aα-Faser
2 Aβ-Faser
3 Aγ-Faser
4 Stratum lamellare perineurii

II. BESTIMMUNG DER FASZIKELZAHL

Am N. maxillaris haben wir die Faszikelzahl bestimmt. Rechts ergaben sich im Durchschnitt 23 und links 19,9 Faszikel.

H. N. mandibularis

I. BEFUNDE

a) Faserzahlen (s. Tab. 6, Seite 45; Abb. 21, Seite 46)

Rechts distal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 86 575, der größte Wert beträgt dabei 118 633 und der kleinste 57 591.
Links distal liegt der Mittelwert der Faserzahl bei 89 456, das Maximum beträgt 144 541 und das Minimum 55 693.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, daß der distale linke Wert höher ist als der rechte.

b) Vergleich der Querschnittsflächen
(s. Tab. 6, Seite 45; Abb. 22, Seite 46)

Rechts distal messen die Querschnitte im Mittel 12,457 mm^2.
Der größte Wert beträgt 14,545 mm^2 und der kleinste 7,801 mm^2.
Links distal liegt der Mittelwert bei 11,704 mm^2.
Das Maximum beträgt 16,230 mm^2 und das Minimum 7,952 mm^2.
Beim Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, daß der distale rechte Wert höher liegt als der linke.

c) $A\alpha$-, $A\beta$- und $A\gamma$-Fasern in Prozent der Gesamtfaserzahl
(s. Tab. 6, Seite 45; Abb. 23, Seite 47)

$A\alpha$-Fasern fehlen hier rechts und links. (Die geringe Anzahl, die wir von $A\alpha$-Fasern rechts gefunden haben, war statistisch nicht verwertbar.)
Bei den $A\beta$-Fasern fällt der Anteil an den Gesamtfaserzahlen rechts mit 44,83 % etwas höher aus als links, wo er 35,41 % beträgt.
Die $A\gamma$-Fasern sind rechts (54,05 %) weniger als links (64,59 %) vorhanden.
$A\gamma$-Fasern sind rechts und links in der Mehrzahl und nehmen von rechts nach links zu.

Ergebnisse der Flächenbestimmung, Faserzählung (Gesamtfaserzahl und nach Faserarten getrennt), Ermittlung der Prozentwerte der einzelnen Faserarten an der Gesamtfaserzahl sowie Aufteilung der Ergebnisse nach distal, rechts und links.

Tabelle 6

N. V_3		n	M	min.	max.	s	s_M	%
Fläche mm^2	re	8	12,457	7,801	14,545	2,270	0,803	
	li	8	11,704	7,952	16,230	3,049	1,078	
Gesamt-faserzahl	re	8	86575	57591	118633	22446	7936	
	li	8	89456	55693	144541	32685	11556	
A_δ - Fasern	re	8	37715	20180	53392	12592	4452	44,83
	li	8	31048	18784	42293	7859	2778	35,41
A_φ - Fasern	re	8	48000	29387	95503	23265	8226	54,05
	li	8	58408	22281	104662	28530	10087	64,59

n ≙ Anzahl der untersuchten Präparate

M ≙ Mittelwert der Fläche oder der Faserzahl

min. ≙ niedrigstes Einzelergebnis

max. ≙ höchstes Einzelergebnis

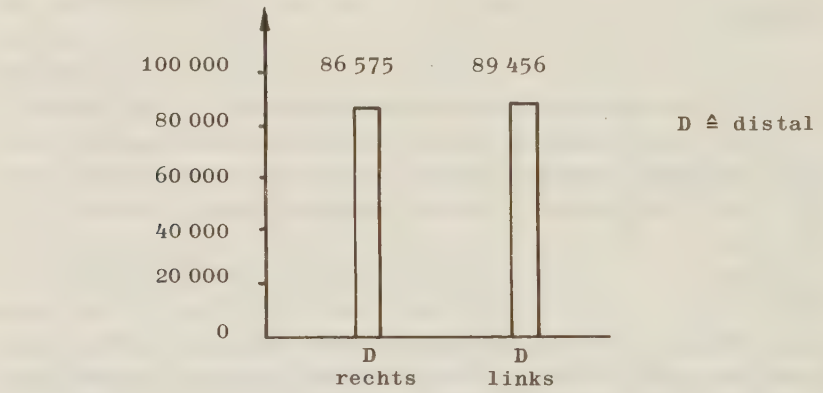
s ≙ Standardabweichung

s_M ≙ mittlerer Fehler des Mittelwertes

% ≙ Mittelwert der prozentualen Anteile der Faserarten an der Gesamtfaserzahl

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Gesamtfaserzahlen distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: V_3 Abb. 21



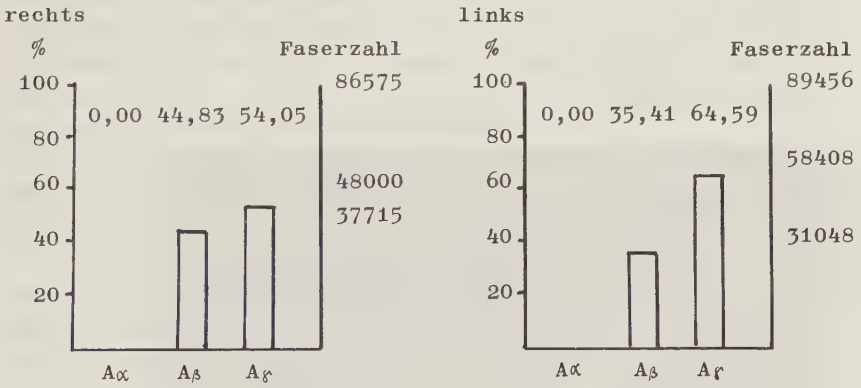
Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der Mittelwerte der Querschnittsflächen distal sowie Vergleich dieser Werte zwischen rechts und links:

Nerv: V_3 Abb. 22

Graphische Darstellung der Meßergebnisse zum Vergleich der prozentualen Anteile der Aα-, Aβ- und Aγ-Fasern an der Gesamtfaserzahl mit Angabe der absoluten Zahlen für die Gesamtfaserzahl und die Zahl der Aα-, Aβ- und Aγ-Fasern. Alle angegebenen Zahlen sind Mittelwerte und ergeben daher in der Addition nicht den obenstehenden Wert der Gesamtfaserzahl bzw. 100 %.

Nerv: V_3 Abb. 23

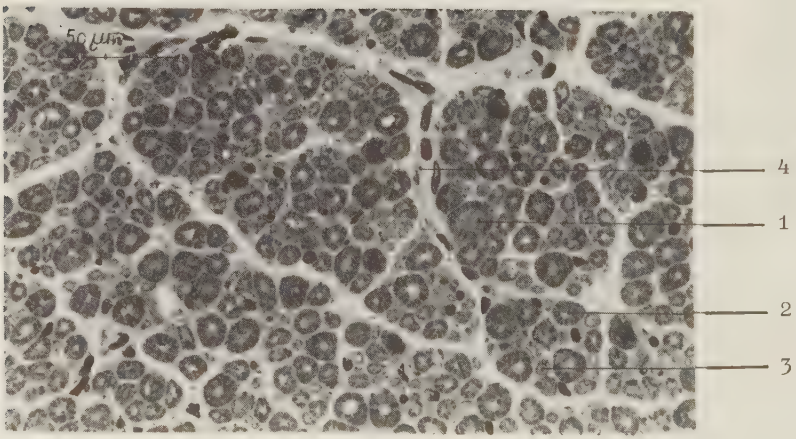
Entnahmestelle: distal



d) Rechts-Links-Vergleich der Mittelwerte (t_m-Test)

	Messungen an Kopfpräparaten (distal)
Fläche des Nervenquerschnittes	- 0,951
Gesamtfaseranzahl	- 1,551
Anzahl der Aβ-Fasern	- 0,491
Anzahl der Aδ-Fasern	- 0,961

Abb. 24
N. mandibularis



1 Aα-Faser
2 Aβ-Faser
3 Aδ-Faser
4 interfaszikuläres Bindegewebe

I. DISKUSSION DER BEFUNDE DER NN. OPHTHALMICUS, MAXILLARIS UND MANDIBULARIS

Bei allen drei distalen Zweigen der untersuchten Nn. trigemini war links der Anteil der dünnen Fasern höher als rechts. Hier kann es sich jedoch um einen Zufall handeln, da die Anzahl der untersuchten Fälle des N. maxillaris für statistische Auswertungen zu gering war.
MIRA (1971) hat für den N. ophthalmicus als Mittelwert der Faserzahl 52 393 gefunden. Dies liegt unter unseren Werten, die rechts 97 405 und links 117 218 betrugen.
Eine mögliche Ursache dafür kann sein, daß MIRA, der beim N. trigeminus eine hohe Teilungsrate gefunden hat, seine Präparate direkt am Ganglion trigeminale entnommen hat, wir aber weiter distal im Sinus cavernosus.
Beim N. maxillaris, wo MIRA durchschnittlich 67 145 Fasern ermittelte, wir dagegen eine wesentlich geringere Anzahl von 33 860 auf der rechten und 44 349 auf der linken Seite, sind die Unterschiede nicht zu erklären, außer wenn die Anzahl sehr dünner Fasern, die wir nicht erfaßt haben, höher wäre als bei den anderen Ästen, da die Entnahmestelle bei MIRA, ebenso wie bei uns, unmittelbar am Ganglion trigeminale lag.

Laut SJÖQVIST (1938) beträgt aber das Vorkommen von Fasern, die dünner als 4 µm sind, nur ca. 3,7 %.
Unsere Ergebnisse beim N. mandibularis, rechts 86 575 und links 89 456, stimmen wiederum mit denen von MIRA, der 83 515 Fasern gezählt hat, ziemlich überein.
In unseren Berechnungen wurde das interfaszikuläre Bindegewebe vernachlässigt.
SUNDERLAND und BRADLEY (1949) untersuchten die Relation der Größe des Nervenquerschnittes und der Faserzahl an peripheren Nerven. Sie lieferten Werte, bei denen der Anteil des interfaszikulären Gewebes zwischen 12 % und 75 % schwankt.

YOUNG und STEVENS (1979) fanden, daß der Diameter der markscheidenhaltigen Fasern in der motorischen Wurzel des N. trigeminus von 1 µm bis 14 µm variierte.
Nur einzelne Fasern in der Größe 16 - 18 µm seien auffindbar gewesen.
Markscheidenfreie Fasern seien hauptsächlich in der Größenordnung von 0,1 - 1,3 µm aufgetreten und insgesamt würde die Anzahl markscheidenloser Nervenfasern 12 - 20 % der Gesamtfaserzahl betragen.
Daraus könnte man für unsere Arbeit schließen, daß unsere gefundenen Gesamtfaserzahlen zu niedrig waren, da wir Faserquerschnitte unter 4 µm nicht erfaßt haben.
Die nichtmyelinisierten C-Fasern sind nach HANDWERKER und ZIMMERMANN (1976) bis 1 µm dick, leiten mit einer Geschwindigkeit von unter 2 m/sek. Impulse aus Mechano-Rezeptoren, Warm-Rezeptoren und Noci-Rezeptoren ab und liegen innerhalb von Hautnerven in ca. 80 % vor.
Im N. maxillaris haben wir eine bedeutend geringere Faszikelanzahl (rechts im Mittel 23 und links 19,9) als MIRA gefunden, der im Durchschnitt 30 Faszikel angibt.
Unseren Werten näher stehen die von LANG und KELLER (1978), die im Durchschnitt 14 Faszikel im Canalis rotundus gefunden haben.

J. DISKUSSION DER BEFUNDE, DIE BEI ALLEN NERVENPRÄPARATEN GEMEINSAM AUFTRATEN

In allen unseren Befunden war sichtbar, daß die Gesamtfaserzahl von proximal nach distal zunahm und der Anteil der dicken Fasern distal kleiner wurde, wobei der Anteil der dünnen Fasern sich vergrößerte.
Außerdem fiel bei unserer Untersuchung auf, daß bei allen Nerven, außer beim N. oculomotorius proximal, die Gesamtfaserzahl rechts kleiner war als links.
Zwar war diese Feststellung nach den Kriterien der Statistik nicht signifikant, aber das kann an der geringen Zahl der untersuchten Fälle und den meist recht geringen Rechts-Links-Unterschieden gelegen haben.
Zu diesen Befunden lagen uns folgende Feststellungen aus anderen Untersuchungen vor:
BORS (1926) konstatierte in seinen Untersuchungen an Nn. IV und VI: "Es läßt sich eine deutliche Vermehrung der Faserzahl im Verlaufe der Nerven nachweisen."
ECCLES und SHERRINGTON (1930) berichteten, daß bei den von ihnen an Tieren untersuchten motorischen Nervenfasern sich viele im Nervenstamm einige Zentimeter vor ihrem Eintritt in den Muskel teilen.
Nach ihren Angaben ist der Querschnitt der Nervenfaser vor der Teilung geringer als die Summe der Querschnitte der beiden Tochterfasern nach der Teilung.
BJÖRKMANN und WOHLFART (1936) sind bei ihren Untersuchungen an N. tibialis bei Meerschweinchen auch zu dem Ergebnis gekommen, daß sich die Nervenfasern in distaler Richtung verzweigen und dünner werden.
HÄGGQVIST (1948) konnte zeigen, daß keine direkte Proportionalität zwischen der Größe eines Tieres und dessen Nervenfaserkaliber besteht.
SWENSON (1949) bestätigt, daß die Nerven N. trochlearis und N. abducens distal mehr Fasern als proximal enthalten.

TOMASCH und SCHWARZACHER (1952) berichteten: "Die hier angewandte Methode der statistischen Erfassung gibt naturgemäß an sich keine Auskunft über das Verhalten der einzelnen Faser; aus ... (einer Auswertung einer statistischen Kurve) ... am distalen Querschnitt gegenüber dem proximalen kann aber geschlossen werden, daß sich alle Fasern ziemlich gleichmäßig verjüngen."
Ferner "würden Verzweigungen in den von uns untersuchten Nerven sehr zahlreich gewesen sein, so - glauben wir - müßte das Kurvenbild dadurch wesentlich mehr beeinflußt worden sein; es hätten sich dann alle Faserkaliber gleichmäßig geteilt".
SWENSON (1949) fand im distalen Teil des N. abducens eine höhere Anzahl der feinen Nervenfasern als im proximalen.
"Dies kann auf drei verschiedenen Ursachen beruhen:
Entweder teilen sich die feinen Nervenfasern während des Verlaufes zur Peripherie hin reichlicher als die groben, oder die groben Fasern geben feine Zweige ab, ein Umstand der schon unter anderen von Dogiel (1906), Rezius (1892) und Boeke (1930) festgestellt wurde; 3. besteht noch die Möglichkeit, daß die feinen Fasern von anderer Seite her durch Anastomosen dazukommen."
In unseren Ergebnissen stellten wir nicht nur distal eine größere Anzahl dünnerer Nervenfasern, sondern auch eine Abnahme der dicken Fasern fest.
Die Annahme, daß sich sowohl die dicken wie auch die dünnen Fasern teilen, wird dadurch unterstützt.
In der Peripherie geht also ein Teil der Fasern, die proximal als die Aα-Fasern registriert wurden, in die Gruppe der Aβ-Fasern über.
Die Abnahme der Aα-Fasern ist wiederum so groß, daß die Anzahl der Aβ-Fasern in der Peripherie höher sein müßte, wenn man annehmen würde, daß sich nur Aα-Fasern teilten.
Es deutet alles darauf hin, daß sich alle Faserarten gleichmäßig in der Peripherie teilen.
Daß es sich hier um Teilung und nicht um eine reine Faserverjüngung nach distal handelt, zeigt die Faserzunahme von proximal nach distal.

K. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

1. Die Faserzählung aller untersuchten Nerven ergibt eine Zunahme der Faserzahl von proximal nach distal.

2. Distal nimmt der Anteil der dickeren Fasern zugunsten eines höheren Anteils dünnerer Fasern ab.
   Dies trifft für alle untersuchten Nerven zu.

3. Ein Vergleich der Querschnittsflächen der Nerven proximal und distal gibt weder einen Hinweis auf einen signifikanten Rechts-Links-Unterschied noch auf einen regelmäßigen Unterschied von proximal nach distal.

4. Der Rechts-Links-Vergleich der Faserzahlen zeigt bei keinem der untersuchten Nerven einen signifikanten Unterschied, jedoch war bei allen untersuchten Nerven (außer N. oculomotorius proximal) die Gesamtfaserzahl links größer als rechts.

5. Die Zählung der Faszikel des N. maxillaris ergibt rechts einen Mittelwert von 23 und links von 19,9 Faszikeln.

Hierzu möchte ich ein Wort des Anatomen Carl RABL einfügen, der sagt: "Der Forscher soll die Wahrheit über alles halten; er soll sie nie der Klarheit zum Opfer bringen. Was heute nicht klar ist, kann morgen klar werden, aber was heute nicht wahr ist, bleibt eine Lüge in alle Ewigkeit."

Herrn Professor Dr. J. Lang danke ich für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung meiner Arbeit aus dem Anatomischen Institut.

Herrn Professor Dr. K.-A. Bushe danke ich herzlich für die Übernahme des Korreferates.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

ABDULLAEV, M.S.: Connections between the nerve of the oculomotor apparatus. Arkh. Anat. 486 (1):70-77, 1965.

ADAM, J.: Einführung in die medizinische Statistik. Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1966.

AGDUHR, E.: Studien über die postembryonale Entwicklung der Neurone und die Verteilung der Neuriten in den Wurzeln der Spinalnerven. J. Psychol. Neurol. 25 (2): 463-626, 1920.

AGDUHR, E.: A contribution to the technique of the number of nerve cells Anat. Record 80 (2):191-202, 1941.

BARRATT, J.O.W.: Observations on the structure of the third, fourth and sixth cranial nerves. Journal of anatomy and physiology, 35:214-223, Cambridge 1901.

BJÖRKMANN, A. und WOHLFART, G.: Faseranalyse der Nn. oculomotorius, trochlearis und abducens des Menschen und des N. abducens verschiedener Tiere. Z. mikr.-anat. Forsch. 39:631-647, 1936.

BLINKOV, S. und GLEZER, I.: The Human Brain in Figures and Tables. Plenum Press, New York, N.Y. 10011 and Basic Books, Inc., New York, 1968.

BURCK, H.C.: Histologische Technik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973, 3. Auflage.

BORS, E.: Über das Zahlenverhältnis zwischen Nerven- und Muskelfasern. Anat. Anzeiger 60 (16/17):415-416, 1926.

CHIBA, M.: Die Abstufbarkeit der Seitwärtswendung des Auges und die Zahl der Fasern im N. abducens. Arch. f. d. ges. Physiol. 212: 150-157, 1926.

CLARA, M.: Das Nervensystem des Menschen. I.A. Barth, Leipzig 1959, 3. Aufl.

DAHLSTRÖM, G. und SWENSON, A.: Quantitative Untersuchungen über marklose Nervenfasern. Z. mikr.-anat. Forsch. 51:334-345, 1942.

DONALDSON, H. und BOLTON, T.L. The Size of several cranial Nerves in Man as indicated by the Areas of their Cross-sections. The American Journal of Psychology, Vol. IV, No 2:224-229, 1891.

ECCLES, J.C. und SHERRINGTON, C.: Numbers and contraction values of individual motor-units examined in some muscles of the limb. Proc. Roy. Soc., Ser. B. 106: 326-357, London 1930.

ERLANGER, J., GASSER, H.S. and BISHOP, G.H.: The compound nature of the action current of nerves as disclosed by the cathode ray oscillograph. Am. J. Physiol. 70:624-666, 1924.

GRUNDFEST, H.: zitiert nach von MURALT.

HÄGGQVIST, G.: Faseranalyse der vorderen Spinalwurzeln des Macacus rhesus. Z. mikr.-anat. Forsch. 42:33-69, 1937.

HÄGGQVIST, G.: Nervenfaserkaliber bei Tieren verschiedener Größe. Anat. Anz. 96:398-412, 1948.

HANDWERKER, H.O. und ZIMMERMANN, M.: Schmerz- und vegetatives Nervensystem. Klin. Pathologie des vegetativen Nervensystems, G. Fischer Verlag, Stuttgart 1976.

HARLEY, R.D.: A quantitative study of the cells and fibers in the nuclear complexes of the fourth and sixth nerves. Am. J. Ophthalmol. 25:1029-1042, 1942.

KEIDEL, W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. S. 367-370, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973, 3. Auflage.

LANG, J.: Eintritt und Verlauf der Hirnnerven (III, IV, VI) im Sinus cavernosus. Z. Anat. Entwgesch. 145 (1):87-99, 1974.

LANG, J.: Bau und Funktion, ein anatomisches Prinzip. Festvortrag Bayerischer Zahnärztetag, München 1975.

LANG, J. und KELLER, H.: Über die hintere Pfortenregion der Fossa pterygopalatina und die Lage des Ganglion pterygopalatinum. Gegenbaurs morph. Jahrb. 124 (2): 207-214, Leipzig 1978.

LULLES, H. und TRINCKER, D.: Taschenbuch der Physiologie, Bd. II. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1970.

MIRA, K.M., ELNAGE, I. und EL-SHERIF, H.: Nerve cells in the intracranial part of the trigeminal nerve of man and dog. J. Neurosurg. 34:643-646, 1971.

MURALT, A. v.: Die Signalübermittlung im Nerv. Verlag Birkhäuser, Basel 1946.

RABL, C.: zitiert nach LANG, 1981.

RAUBER, F. und KOPSCH: Lehrbuch der Anatomie, Bd. 5. Nervensystem, S. 294 Verlag Georg Thieme, Leipzig 1948, 10. Auflage.

ROMEIS, B.: Mikroskopische Technik. Verlag R. Oldenburg, München 1948.

ROMERO, C. und SKOGLUND, S.: Methodological Studies of the Technique in measuring Nerve Fibre Diameters. Acta morph. Neerl.-Scand. 6/2: 107-114, 1965.

ROSENTHAL, H.: zit. nach Bors

SCHWALBE, G.: Über die Kaliberverhältnisse der Nervenfasern. Leipzig 1882.

SINCLAIR, J.G.: A developmental study of the fourth cranial nerve. Texas Rep. Biol. Med. 16 (2): 253-267, 1958.

SJÖQVIST, O.: Studies on Pain Conduction in the Trigeminal Nerve. Acta psychiatr. neur., Suppl. XVII, Helsingfors 1938.

SUNDERLAND, A. and BRADLEY, K.C.: The cross-sectional area of peripheral nerve trunks devoted to nerve fibers. Brain 72:428-449, 1949.

SWENSON, A.: Faseranalytische Untersuchungen am Nervus trochlearis und Nervus abducens. Acta Anat. 7:154-172, 1949.

SWENSON, A.: Über die Kaliberverhältnisse in den vorderen Rückenmarkswurzeln beim Menschen. Z. mikr.-anat. Forsch. 44:187-206 1938.

TERGAST, P.: Über das Verhältnis von Nerve und Muskel. Arch. Mikroskop. Anat. 9:36-46, 1873.

TOMASCH, J. und SCHWARZACHER, H.J. Die innere Struktur peripherer menschlicher Nerven im Lichte faseranalytischer Untersuchungen. Acta Anat. XVI:315-354, 1952.

VIERORDT, H.: Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen. Verlag von G. Fischer, Jena 1888.

YOUNG, R.F. and STEVENS, R.: Unmyelinated Axons in the Trigeminal Motor Root of Human and Cat. J. Comp. Neur. 183:205-214, 1979.

L E B E N S L A U F

22.01.1954	geboren in Kopasker/Island als Tochter von Thorsteinn Jonsson und seiner Ehefrau Lara Gunnarsdottir.
1962 - 1963	Besuch der Volksschule in Kopasker.
1963 - 1969	Abschluß der Volksschule und Besuch der Mittelschule in Husavik.
1969 - 1972	Besuch des Gymnasiums in Akureyri.
16.06.1972	Reifeprüfung.
1972 - 1973	Aufenthalt in Rastede, um die deutsche Sprache zu erlernen.
16.10.1973	Immatrikulation an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg für das Fach Zahnmedizin.
05.02.1979	Zahnärztliche Prüfung.
Ab 01.10.1979	Tätigkeit als Assistenzärztin in der freien zahnärztlichen Praxis.

Kristjana Thorsteinsdóttir

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80